

Historische Aufzeichnungen als Indizien in der Diskussion des Klimawandels

Die Öffentlichkeit nimmt von Naturkräften nur Notiz, wenn diese die tägliche Routine stören. Von der Wissenschaft wird dann erwartet, dass sie Extremereignisse in einen größeren Zusammenhang einordnet und interpretiert. Historische Aufzeichnungen spielen hier eine besonders wichtige Rolle.

Christian Pfister

Älteste englische Wetterhütte in der Antarktis (Port Lockeroy).



Das vergangene Klima hat überall auf der Erde Spuren hinterlassen, die von vielen wissenschaftlichen Disziplinen erforscht werden: Die Historische Klimatologie wertet vorwiegend Daten aus anthropogenen Archiven aus.

Sie enthalten zwei Arten von Informationen:

- direkte Daten, die qualitative Beschreibungen der Witterung umfassen, sowie vom späten 17. Jahrhundert an frühe Instrumentenmessungen
- indirekte Daten, auch Proxydaten genannt, also quantifizierbare Beschreibungen von biologischen oder physikalischen Erscheinungen, die als Klimazeiger gelten

In Westeuropa sind Klimabeobachtungen aus historischen Dokumenten seit der Karolingerzeit (um 800) bekannt.

Aufgrund des Umfangs, der Lückenlosigkeit und der zeitlichen Auflösung dieses Materials lassen sich die 1200 Jahre bis zur Gegenwart in fünf Perioden einteilen:

1. Vor 1300: vorwiegend Beschreibungen von Anomalien und Naturkatastrophen; je extremer ein Ereignis war, desto häufiger und ausführlicher wurde es beschrieben.
2. 1300–1500: nahezu durchgehende Beschreibung der Witterung im Sommer und im Winter, teilweise im Frühjahr, selten im Herbst
3. 1500–1800: fast vollständige Beschreibung der monatlichen Witterung, teilweise des täglichen Wetters
4. 1680–1860: Instrumentenmessungen auf individueller Basis, erste kurzlebige Messnetze
5. Seit 1860: Instrumentenmessungen im Rahmen nationaler und internationaler Messnetze

Die älteren Darstellungsformen wurden von den neueren überlagert, aber nicht verdrängt. Im Folgenden werden einige Datentypen kurz vorgestellt.

Aufzeichnungen des täglichen Wetters sind vom ausgehenden 15. Jahrhundert an durch den Aufstieg der Astronomie zum führenden Zweig der Wissenschaft und durch die Erfindung des Buchdrucks gefördert worden. Astronomische Kalender stellten für ein bis zwei Jahrzehnte im Voraus täglich die Kalenderdaten und die vorausberechneten Positionen der Planeten dar. Für jeden Monat war eine Doppelseite vorgesehen, wobei auf der rechten Seite für jeden Tag eine Leerzeile freigelassen war. In diese Leerzeilen wurden persönliche Notizen eingetragen, darunter auch stichwortartige Wetterbeobachtungen. Aus dem 16. Jahrhundert sind in Mitteleuropa 33 Wittertagebücher dieser Art bekannt. Vom 17. Jahrhundert an wurden die Witterungsbeschreibungen ausführlicher (s. S. 29). Witterungstagebücher lassen sich auswerten, indem Erscheinungen wie Regen, Schnee und Frost ausgezählt, gemittelt und mit entsprechenden Durchschnittswerten von nahe gelegenen Messstationen verglichen werden. Vor wenigen Jahren wurde im Rahmen des EU-Projekts CLIWOC mit der systematischen Auswertung von Schiffstagebüchern begonnen, die meist methodische Beobachtungen der Windrichtung und der Witterung enthalten. Davon existieren Tausende. Die CLIWOC-Datenbank deckt den Raum des Nordatlantiks für die Periode 1750 bis 1850 weitgehend ab.

Den meisten Verfassern von chronikalischen Quellen und Witterungstagebüchern war bewusst, dass ihre Beschreibungen subjektiv gefärbt waren. Um die intersubjektive und intertemporale Vergleichbarkeit ihrer Aussagen zu verbessern, flochten sie Beobachtungen von natürlichen Erscheinungen in ihre Beschreibungen ein, die als Klimazeiger bekannt waren.

Im Sommerhalbjahr waren dies Angaben zur Menge und zum Zuckergehalt des Weinmosts und Beobachtungen zur Blüte- und Erntezeit von (Kultur)pflanzen. So beschreibt Placidus Brunschwiler, der Abt des Klosters Fischingen (Kanton Thurgau), den Sommer 1639 wie folgt: „Von diesem obgesetzten Monat [Mai] ist biss den 17. tag Augusti selten ein rechter warmer tag gesein sondern merteils regen und kalte wind, also dass hew [Heu] und korn [...] bei uns erst den 17. tag Augsten eingebracht worden, dass sonsten gemeinlich [gewöhnlich] umb S. Jacobs Tag [25. Juli] die Ernd gesin ist.“ Eine Verspätung der Getreideernte um dreieinhalb Wochen ist innerhalb der Instrumentenperiode nur für das „Jahr ohne Sommer“ (1816) nachgewiesen worden > **Beitrag Smolka, S. 50**, was für 1639 auf eine Temperaturanomalie in derselben Größenordnung verweist.



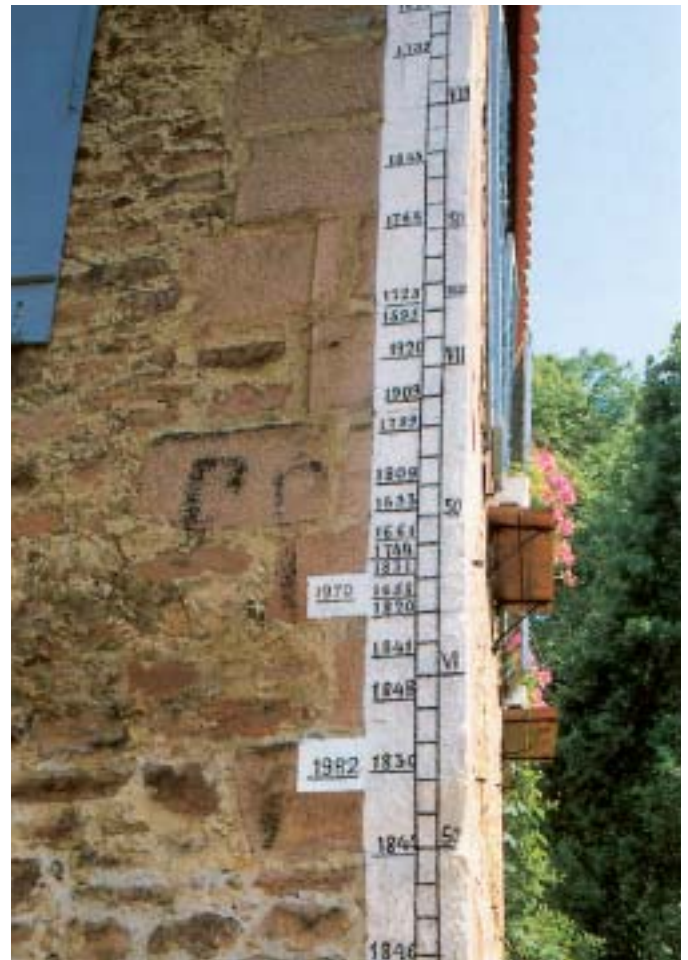
Quecksilberthermometer nach Réaumur, 1780: Die ältesten instrumentellen Messreihen setzen in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts ein. Ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts verbreiteten sich meteorologische Messinstrumente rasch. Dieses 1780 in Mannheim konstruierte Thermometer ist nach dem französischen Physiker René-Antoine Réaumur skaliert: Wasser gefriert bei Null Grad und siedet bei 80 Grad. Die heutige Celsius-Skala gilt in Deutschland seit 1924.

Als Klimazeiger im Winterhalbjahr dienten die Häufigkeit der Schneefälle, die Dauer der Schneebedeckung, Zeitpunkt und Dauer der Eisbedeckung von Gewässern, das Auftreten von Frost und – in warmen Wintern – die Aktivität von Tieren und Pflanzen. Jährlich wiederkehrende Ereignisse im Winterhalbjahr wurden seltener systematisch aufgezeichnet: In den Büchern der estnischen Stadt Tallinn ist seit dem späten 15. Jahrhundert festgehalten, an welchem Tag nach dem Auftauen der Eisdecke im Frühjahr das erste Schiff den Hafen anlief. Gerhard Koslowski und Rüdiger Glaser haben anhand einer Vielzahl von Dokumenten ermittelt, in welchem Umfang der westliche Teil der Ostsee seit 1501 zugefroren war. Um die Höhe von Überschwemmungen intersubjektiv zu dokumentieren, wurden an Brücken und Gebäuden Hochwassermarken angebracht.

Galileo Galilei konstruierte 1597 das erste bekannte Instrument, um die Lufttemperatur zu bestimmen, und begann mit instrumentellen Messungen. Unter den Pionieren der instrumentellen Messungen ist der Pariser Arzt Louis Morin hervorzuheben: Von 1665 bis 1713 las Morin unter anderem dreimal täglich Thermometer und Barometer ab und zeichnete als erster Mensch die Herkunftsrichtung der Wolken systematisch auf. Im 18. Jahrhundert verbreiteten sich meteorologische Instrumente rascher. Um die Messstätigkeit auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen, gründete der pfälzische Kurfürst Karl Theodor 1780 die Societas Meteorologica Palatina. Diese internationale wissenschaftliche Gesellschaft stattete ihre Mitglieder mit einheitlichen Instrumenten aus, erließ Richtlinien zur Durchführung der Messungen und publizierte die Ergebnisse. Das Messnetz der Gesellschaft reichte von Grönland bis Rom und von La Rochelle bis Moskau. Es wurde durch die Armeen der französischen Revolution zerstört.

In großen Datenbanken wie Euro-Climhist, HISKLID und CLIWOC sind bereits hunderttausende von deskriptiven und frühinstrumentellen Daten gespeichert. Millionen von weiteren Dokumenten warten in den Archiven auf ihre Entdeckung. Bei der Auswertung von Dokumentendaten wird zunächst die räumliche Stimmigkeit aller direkten und indirekten Daten, die für einen Zeitabschnitt vorliegen, anhand meteorologischer Kriterien überprüft. Aus den jahreszeitlichen oder monatlichen Datenfeldern werden dann in Kenntnis der Aussagemöglichkeit der einzelnen Datentypen numerische Indizes der Temperatur und des Niederschlags abgeleitet. Die Indizes weisen sieben Stufen aus, die von –3 (extrem trocken oder extrem kalt) über Null („normal“) bis +3 (extrem nass oder extrem warm) reichen. Die Interpretation muss sich einem stets wechselnden Datenumfeld anpassen und dabei quellen-spezifische, ökologische und individuelle Gesichtspunkte berücksichtigen. Sie lässt sich mathematisch nicht formalisieren. Dagegen können die Ergebnisse statistisch überprüft werden.

1695. *clarias*
 Heute überflogen... Es hat sich
 sehr hitzig und heißer 5. Uhr
 ein schwarzer Regen, sehr gewaltig,
 hiedurch schickte ein großer gewaltiger Wind
 sehr trocken, welcher in einer großen Menge
 jungen Erbsen, auch auch hiedurch
 der Getreide sehr schaden. In der
 Nacht mit einem kalten Glücke in der
 Nacht, und sehr ein großer Glücke
 ein gewaltiger Wind geschicket worden,
 der man sehr stark, der Dache her,
 nieder kam. Der Regen wurde mit
 dem Wind, und vertrieben in den
 in Nacht.
 Der ganze Kanal sehr aufwendig
 sehr sehr ungesund, nicht als die Regen, hiedurch
 gewaltig Regen, Wasser, hiedurch
 manne Regen, in Nacht sehr abge
 Zeit sehr sehr heiß, nicht, hiedurch
 nicht als gar sehr Regen, hiedurch
 Regen, ein die Regen, welcher in
 Wind mit großer Gewalt, sehr sehr
 Regen, welcher, in Regen, in der Nacht
 in diesem Regen, ein sehr Regen
 Regen hiedurch Regen, hiedurch

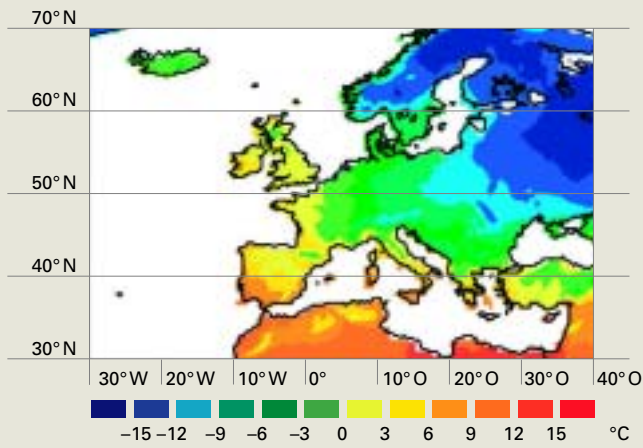


Witterungsbeschreibung von Pater Josef Dietrich (1645–1704) im Kloster Einsiedeln (Schweiz). Dietrich führte das Tagebuch des Klosters von 1672 bis 1695. Er unterschied bereits zwischen vier Wolkenarten und differenzierte Niederschläge nach Dauer und Intensität. Der Durchgang einer Kaltfront am 29./30. Mai 1695 wird wie folgt geschildert: „Fanden wir einen sehr nassen Morgen, dann die ganze Nacht unauhörlich geregnet und continuirete noch am Morgen. In höheren [höheren Lagen] hett es etwas weniges Schnee angehenkt [fiel etwas Schnee]. Nach Mittag hett das Regen Wetter wider eingehalten und liess sich eines besseren ansehen, in dem gegen 3 Uhren sogar die Sonnen in etwas hervorgeschinen.“

Um die Größenordnung von schweren Überschwemmungen für die Nachwelt zu dokumentieren, pflegte man den maximalen Stand durch Hochwassermarken an Gebäuden anzugeben.

An diesem Haus in Wertheim im Mündungsgebiet der Tauber in den Rhein sind 24 Hochwasser dokumentiert. Zehntausende von Hochwassermarken sind im 20. Jahrhundert zerstört worden.

Abb. 1a Temperaturen im Rekordwinter 1709 in Europa



Für den Rekordwinter 1709 wurden mit statistischen Methoden jahreszeitliche und monatliche Temperaturen, gestützt auf vereinzelte frühe Instrumentenmessungen und Temperaturindizes, für 5000 Gitternetzpunkte in Europa geschätzt. Im östlichen Mitteleuropa war dieser extremste Winter der letzten 500 Jahre bis zu 6 °C zu kalt. Frankreich wurde in der Nacht vom 5. auf den 6. Januar 1709 von einer mit 40 Stundenkilometer nach Süden vorrückenden Kaltluftwalze mit einer Temperatur von etwa -20 °C überrollt. Am Morgen des 6. Januars erreichte die Kaltluft das Mittelmeer und richtete dort an frostempfindlichen Kulturen unendlichen Schaden an.

Abb. 1b Abweichungen vom Mittel 1901–1998

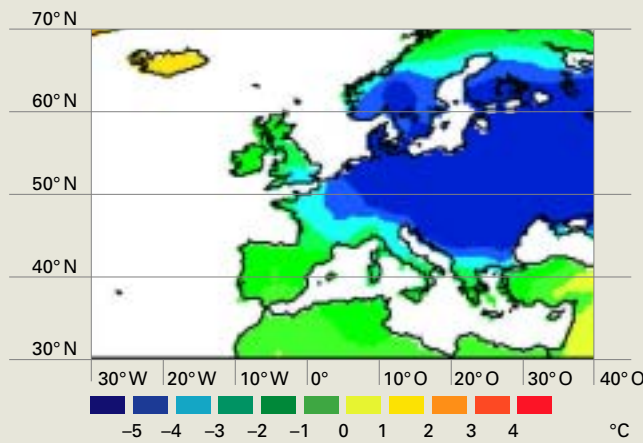
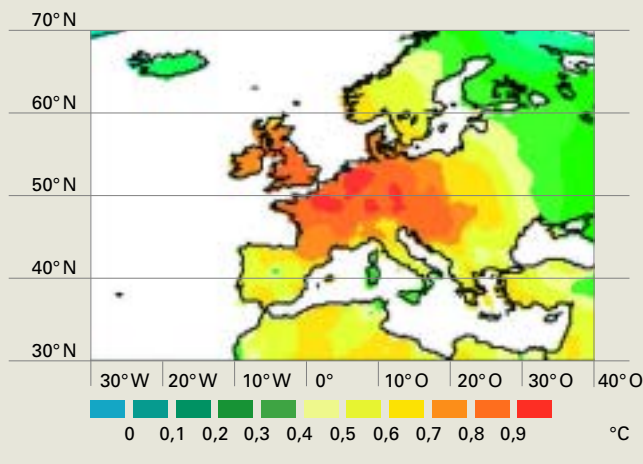


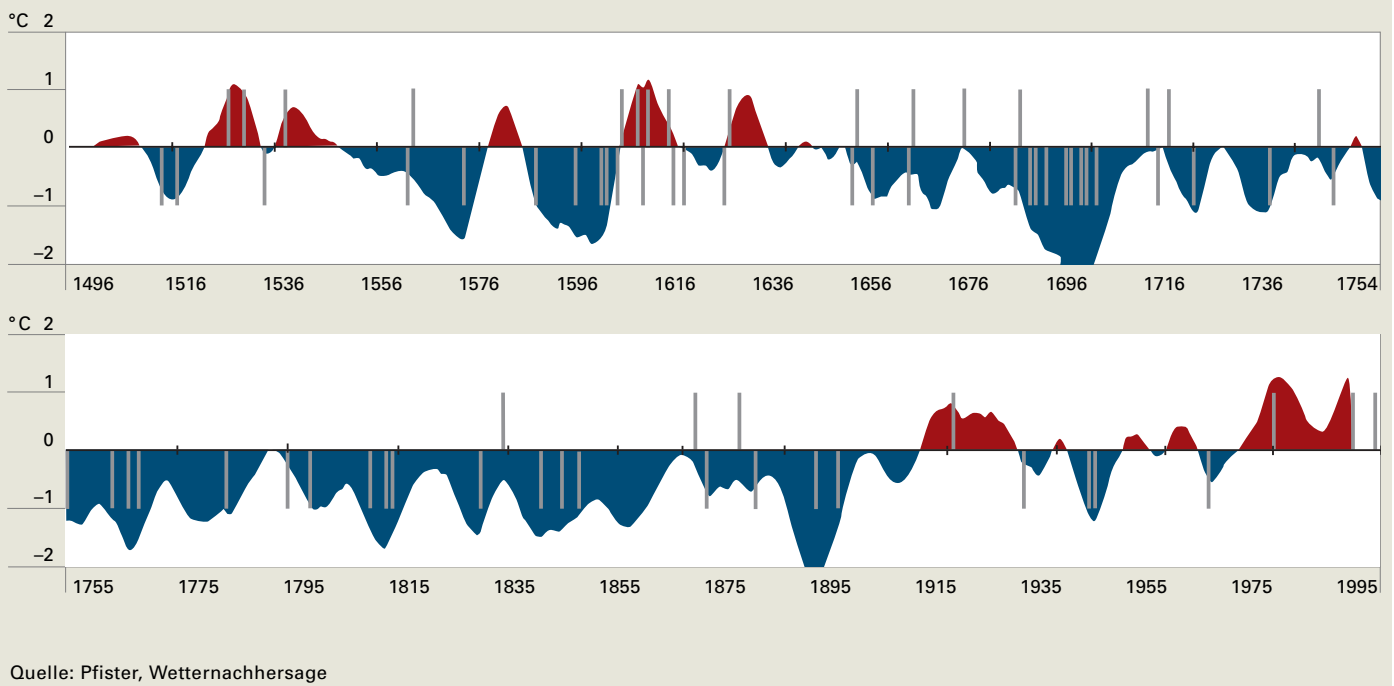
Abb. 1c RE-Temperatur



Die RE-Werte (RE = reduction of error) geben ein statistisches Qualitätsmaß der Rekonstruktionen an. Je höher der RE-Wert ist, desto größer ist das Vertrauen in die Qualität der Rekonstruktion.

Quelle: Luterbacher et al., 2004

Abb. 2 Fluktuationen der Wintermonate im Schweizer Mittelland (1496–1995)



Bis 1755 wurden die Daten anhand von Temperaturindizes geschätzt. Anschließend beruhen sie auf Messungen: Die Winter der „Kleinen Eiszeit“ (bis 1895) waren langfristig um 0,5 °C kälter als jene im 20. Jahrhundert, zwischen 1675 und 1700 gar um 2 °C.

Wie können Indexreihen weiter ausgewertet werden? Durch einen statistischen Vergleich von Indexreihen und Messreihen lassen sich Regressionsgleichungen herleiten und zur Schätzung von Temperatur und Niederschlag heranziehen (Abb. 1). Mit den Indizes als Ausgangsmaterial lassen sich ferner die klimatische Belastung klimasensibler Wirtschaftszweige wie der vorindustriellen Landwirtschaft oder auch die Auswirkungen von Klimaschwankungen auf Ökosysteme in der Vergangenheit modellieren. Schließlich haben Untersuchungen gezeigt, dass wenige, räumlich gut verteilte Messreihen von Temperatur, Niederschlag und Luftdruck ausreichen, um das Feld des Luftdrucks auf Meeresebene sowie die räumlichen Muster der Temperatur und des Niederschlags für ganz Europa abzuschätzen.

Die Gruppe um Jürg Luterbacher und Heinz Wanner (Universität Bern) hat aufgrund dieser Überlegungen mithilfe statistischer Modelle die räumlichen Veränderungen von Luftdruck, Temperatur und Niederschlag für mehr als 5000 Gitternetzpunkte gesamteuropäisch rekonstruiert. Bis 1658 sind jahreszeitliche, anschließend auch monatliche Rekonstruktionen erstellt worden (Abb. 2). Auf dieser räumlich umfassenden Basis wird derzeit die Bedeutung klimatischer Einflüsse für die Getreidepreise, die Konjunktur und den Ausbruch von Epidemien in den letzten Jahrhunderten erstmals systematisch untersucht.

Im Folgenden werden einige Ergebnisse der Historischen Klimaforschung vorgestellt, die in der jüngsten Diskussion um den anthropogenen Klimawandel bedeutsam wurden. Die herausragende klimatische Anomalie der letzten Jahre war unbestritten der Sommer 2003. Gesamteuropäisch war er der wärmste in den letzten 500 Jahren. Im südlichen Mitteleuropa hat er sämtliche Temperaturrekorde seit Beginn der Instrumentenmessungen (1755) bei weitem in den Schatten gestellt. Als Analogfall dazu bietet sich in den letzten 700 Jahren allenfalls der Sommer 1540 an: Getreide und Wein wurden damals im selben Zeitraum reif wie 2003, was auf ähnliche Temperaturverhältnisse hindeutet. Doch war die Trockenheit 1540 weit gravierender. Von Mitte März bis Ende September lagen große Teile (Mittel)europas fast durchgehend unter Hochdruckeinfluss. In diesen sechs Monaten fiel nur an einigen wenigen Tagen etwas Regen. Zahlreiche Quellen versiegten und die kleineren Flüsse zwischen dem Rhein und den Karpaten trockneten vollständig aus. Der Rhein konnten an manchen Stellen zu Fuß durchwaten werden. Viele Menschen mussten ihr Wasser nachts über weite Strecken in Weinfässern auf dem Rücken von Tragtieren heranschaffen. Wälder gingen in Flammen auf.

Die Brände waren so zahlreich, dass sich über weite Teile des Kontinents ein Rauchsleier legte. Lässt sich mit Verweis auf diesen gravierenderen Analogfall 1540 die Bedeutung des Sommers 2003 als Indiz für den Treibhauseffekt entkräften?

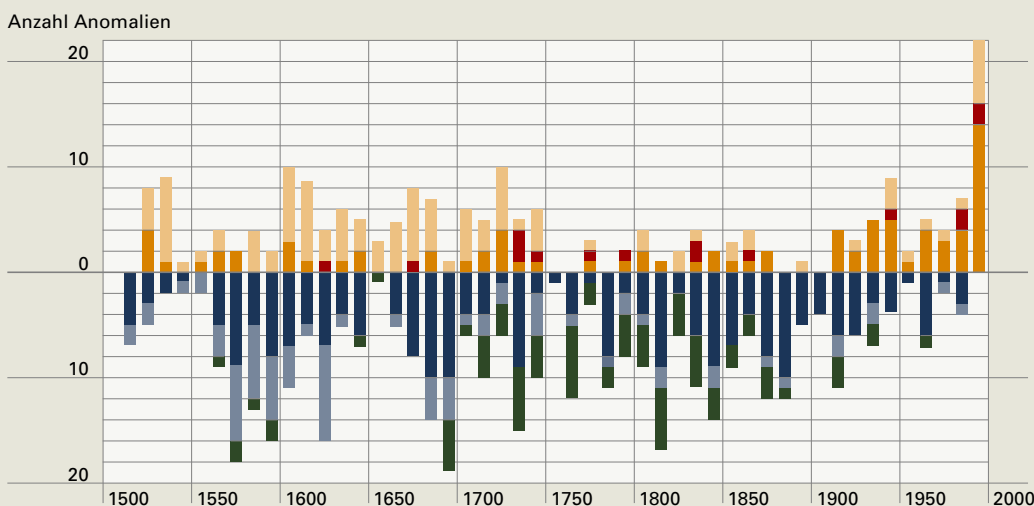
Eine Antwort darauf liefert die Darstellung unten: Sie zeigt im Zeitraum 1501 bis 2000 für jedes Jahrzehnt die Anzahl der extrem warmen und der extrem kalten Monate (Anomalien). Die Messreihen (seit 1755) wurden auf Indexdaten umgerechnet. Aus der Farbskala lässt sich der Niederschlagscharakter der entsprechenden thermisch extremen Monate (sehr nass, „durchschnittlich“, sehr trocken) herauslesen. Drei Erscheinungen stechen ins Auge:

1. Extrem kalte und trockene Monate (mit dominanten Winden aus Nord bis Ost) sind zwischen 1570 und 1890 häufiger aufgetreten als seither. Solche Anomalien gelten als Indiz für die „Kleine Eiszeit“, die in Mitteleuropa um 1300 begann und im späten 19. Jahrhundert zu Ende ging.
2. In den Jahren 1901 bis 1990 wurden im Durchschnitt fünf kalte und vier warme Anomalien gemessen. In den 1990er-Jahren sind kalte Extreme vollkommen weggefallen, die Zahl der viel zu warmen Monate hat sich dagegen im Vergleich zu den Mittelwerten der Periode 1901–1990 verfünffacht. Der Maximalwert von 22 warmen Anomalien (1991–2000) liegt um mehr als das Doppelte über jenem der Periode 1501–1990.

3. Der Analogfall von 1540 ist einem anderen klimageschichtlichen Umfeld zuzuordnen als der Extremsommer von 2003. Zwei Jahre nach dem Mittelmeersommer 1540 folgte ein kalter und nasser Sommer, in dem sich die arg gebeutelten Gletscher erholen konnten. Dem Sommer 1947, der gelegentlich auch als Analogfall zu 2003 erwähnt wird, ging ein kalter Winter voran, in dem in Deutschland der Rhein zufror.

Die Szenarien des Treibhauseffekts rechnen damit, dass sich mit höheren Mittelwerten das Spektrum der Extreme verschiebt. Die kalten Extremfälle bleiben weg. Was früher als normal galt, ist „kalt“, was als „warm“ galt, wird normal. Und jenseits der bisher gemessenen Wärmerekorde sollen wir diesen Überlegungen zufolge mit buchstäblich „un-erhörten“ Extremen konfrontiert werden. Die Entwicklung in den letzten 15 Jahren entspricht in Mitteleuropa weitgehend diesem Szenario. Die sehr kalten Extreme, die seit Jahrhunderten ein fester Bestandteil unseres Klimas waren, sind seit 1988 vollständig ausgeblieben. Dafür traten die warmen Extreme in den 1990er-Jahren fünfmal häufiger auf als im gesamten „warmen“ zwanzigsten Jahrhundert. Und mit dem Sommer 2003 haben wir einen ersten Vorgeschmack dessen bekommen, was in Zukunft auf uns zukommen könnte. Aufgabe der (Geschichts)wissenschaft ist es, Ereignisse und Tendenzen in der Gegenwart in einen größeren Zusammenhang einzuordnen. Dies gilt nicht nur für politische Ereignisse, sondern im Zeitalter des „global warming“ zunehmend auch für Klima-anomalien und Naturkatastrophen. Die Historische Klimatologie kann in diesem Bereich Argumente zur Diskussion beisteuern.

Abb. 3 Summe der extrem warmen und extrem kalten Monate (Anomalien) pro Jahrzehnt 1501–2000, klassifiziert nach Niederschlagsverhältnissen



Die „Kleine Eiszeit“ tritt durch die Häufung von kalten Anomalien, das Treibhausklima der Gegenwart durch die seit 1500 einzigartige Zahl von 22 extrem warmen Monaten in den 1990er-Jahren hervor.

- warm-trocken
- warm-feucht
- warm
- kalt
- kalt-feucht
- kalt-trocken

Quelle: Christian Pfister, HLS, Atelier Marc Zaugg, Bern

Literatur

Brázdil, Rudolf, Christian Pfister, Heinz Wanner, Hans von Storch, Jürg Luterbacher (2004): *Historical Climatology – The State of the Art, Climatic Change* (im Druck).

CLIWOC Datenbank,
<http://www.knmi.nl/cliwoc/>
 (19. Aug. 2004).

Dietrich, Urs (2004): Using Java and XML in interdisciplinary research: A new data-gathering tool for historians as used with EuroClimHist, *Historical Methods*, (im Druck).

García, Rolando R., Ricardo García-Herrera (2003): Sailing ship records as proxies of climate variability over the world's oceans. *Global Change Newsletter*, Issue 53, March 2003.

Glaser, Rüdiger (2001): *Klimageschichte Mitteleuropas. 1000 Jahre Wetter, Klima, Katastrophen*. Darmstadt.

Luterbacher, Jürg, Eleni Xoplaki, Daniel Dietrich, Ralph Rickli., Jucundus Jacobeit, Christoph Beck, Dimitrios Gyalistras, Christoph Schmutz, Heinz Wanner (2002): Reconstruction of sea level pressure fields over the eastern North Atlantic and Europe back to 1500. *Climate Dynamics* 18, S. 545–561.

Luterbacher, Jürg, Daniel Dietrich, Eleni Xoplaki, Martin Grosjean, Heinz Wanner (2004): European seasonal and annual temperature variability, trends and extremes since 1500. *Science* 303, S. 1499–1503.

Pfister, Christian (1999): *Wetternachhersage. 500 Jahre Klimavariationen und Naturkatastrophen (1496–1995)*. Bern.

Pfister, Christian (2001): *Klimawandel in der Geschichte Europas. Zur Entwicklung und zum Potenzial der historischen Klimatologie*. Österreichische Zeitschrift für Geschichtswissenschaften 12, S. 7–43.

Pfister, Christian (Hg.) (2002): *Am Tag danach. Zur Bewältigung von Naturkatastrophen in der Schweiz 1500–2000*. Bern.

Pfister, Christian (2004): Weeping in the Snow. The Second Period of Little Ice Age-Type Impacts, 1570 to 1630. In: Wolfgang Behringer, Hartmut Lehmann, Christian Pfister (Hgg.): *Kulturelle Konsequenzen der Kleinen Eiszeit – Cultural Consequences of the Little Ice Age*. Göttingen (im Druck).

Der Autor

Christian Pfister (geb. 1944) studierte Geschichte und Geographie an der Uni Bern. Nach der Promotion (1974) folgten Studienaufenthalte an den Universitäten Rochester, NY, und Norwich, Großbritannien (1967/77). 1990–96 Beitrag des Schweizer Nationalfonds für Forschungen zur Umweltgeschichte. Seit 1997 ist er ordentlicher Professor für Wirtschafts-, Sozial- und Umweltgeschichte am Historischen Institut der Uni Bern. Pfister hat über 200 Arbeiten zur Bevölkerungs-, Klima-, Agrar- und Umweltgeschichte, zum Kulturlandschaftswandel und zur Geschichte von Naturkatastrophen publiziert. Er wurde 2000 mit dem Eduard-Brückner-Preis „für herausragende interdisziplinäre Leistungen in der Klimaforschung“ ausgezeichnet.